Aus der Medizinischen Tierklinik der Universität München
(Vorstand: Professor Dr. J. Nörr).

Weitere Beiträge zur respiratorischen Sinusarrhythmie des Hundes.

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Veterinärmedizin der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Adolf Bauer
approb. Tierarzt aus Waidhofen a. d. Thaya.

Linz a. d. D. 1939.

Gedruckt mit Genehmigung
des Dekans der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München.

Dekan: Professor Dr. Ernst.
Berichterstatter: Professor Dr. Nörr.
Mitberichterstatter: Westhues.

Tag der mündlichen Prüfung: 13. 7. 1939.

Inhaltsverzeichnis.

Dem Andenken

der

Toten der Bewegung

in der Ostmark

Einleitung.

Das Streben jeder ernsten Wissenschaft geht nach Wahrheit. Die Verwirklichung solchen Strebens gestaltet sich dann umso schwieriger, wenn es sich, wie in der Biologie und Medizin, um Wissenschaftszweige handelt, welche, entgegen der exakten Wissenschaft, nur in ganz beschränktem Maße in die Lage versetzt sind, ihren Weg auf der sicheren Grundlage der Zahl und des rechnerisch erfaßbaren Gesetzes zu gehen und die gefundenen Ergebnisse gewissermaßen unter mathematischen Beweis zu stellen, um dergestalt den Mangel rein subjektiver Forschung mit der Objektivität der Zahl zu überdecken.

In Erkenntnis dieses einmal nicht fortzuleugnenden Nachteils und durchdrungen von dem Willen nach weitgehendster Beseitigung desselben, ist es, namentlich für die moderne Medizin, eine immer zwingendere Selbstverständlichkeit geworden, nicht nur die Berührungspunkte mit ihren „exakteren" Hilfswissenschaften (Physik und Chemie) zu verbreitern und zu vertiefen, sondern darüberhinaus auch mit dem Sturmlauf der Technik Schritt zu halten, um sich solchermaßen alle nur erdenklichen Hilfsmittel zu sichern, die geeignet erscheinen, Vermutungen oder Tatsachen in einwandfreier objektiver Weise zu erhärten.

Aus solcher Einstellung und Bemühung heraus ist auch die Elektrokardiographie geboren, jene Hilfswissenschaft der internen Medizin, die es uns ermöglicht, auf dem Wege graphischer Darstellung physiologische und pathologische Zustände des Herzens in einer Art zu analysieren und Vorgänge aufzuhellen, die uns bislang mit den üblichen Methoden der Perkussion und Auskultation verschlossen bleiben mußten.

Die vom Herzen, ebenso wie von jedem anderen Muskel erzeugten bioelektrischen Aktionsströme werden mittels Elektroden zu einem Saitengalvanometer abgeleitet und die angezeigten Ausschläge auf einem gleichmäßig ablaufenden, mit einer Zeitschreibung versehenen Filmstreifen übertragen und so im Bilde festgehalten. Die solcherart erhaltene Herzstromkurve, das Elektrokardiogramm, ermöglicht uns dann, neben einer Reihe anderer Aufschlüsse, nicht nur eine genaue Erfassung der Zahl der Herzrevolutionen während der Aufnahmezeit selbst, sondern mittels der Zeitschreibung auch eine genaue Bestimmung der Pulsfrequenz in der Minute.

Nach ähnlichem Prinzip ist es uns auch möglich, die Lungentätigkeit mit Hilfe des sogenannten Pneumographen auf gleichem Wege darzustellen. Aus der erhaltenen Atemkurve, dem sogenannten Pneumogramm, welche als mehr oder weniger regelmäßig verlaufende Wellenlinie sich dokumentiert — mit dem aufsteigenden Schenkel das Inspirium und dem absteigenden Teil das Exspirium wiedergebend — ist es, dem Elektrokardiogramm analog, möglich, sowohl die Atemfrequenz während der registrierten Zeit, als auch in der Minute zu bestimmen.

Die im Elektrokardiogramm dargestellte Länge der einzelnen Herzschlagfolgen kann im ganzen Kurvenbild eine mathematische Gleichheit darstellen oder mehr oder weniger große Differenzen aufweisen, welche einmal als ausgesprochene Regellosigkeit in Erscheinung treten, während sie in anderen Fällen von einer gewissen Gesetzmäßigkeit insoferne beherrscht zu sein scheinen, als die Wiederkehr der kürzeren und längeren Herzschlagfolgen periodisch erfolgt und einen sinnfälligen Zusammenhang mit den einzelnen Respirationsphasen erkennen läßt.

Werden nun Pneumo- und Elektrokardiograph zu gleicher Zeit eingeschaltet und das Ergebnis gemeinsam auf einen Filmstreifen projiziert, dann ist es, bedingt durch die einheitliche Zeitschreibung, natürlich ohne weiteres möglich, Abhängigkeitsgrad und Gegenseitigkeitsverhältnis von Lungen- und Herztätigkeit in ihren zeitlichen Werten zu bestimmen. Festzustellen, innerhalb welcher Grenzen und unter welchen Gegebenheiten nun auch die Möglichkeit besteht, aus dem Elektrokardiogramm allein nicht nur die Puls-, sondern auch gleichzeitig die Atemfrequenz zahlenmäßig zu ermitteln und damit im Zusammenhang stehende, eventuelle weitere Beobachtungen zu fixieren, soll, gemäß der mir von Herrn Professor Dr. Nörr gestellten Aufgabe, im Rahmen dieser Arbeit untersucht werden.

Über die Sinusarrhythmien.

Als Sinusarrhythmie bezeichnen wir jenen Zustand der Herztätigkeit, bei welchem dieselbe in Bezug auf ihren Rhythmus insofern eine Änderung erfährt, als der Sinusknoten in seiner automatischen Reizbildung Einflüssen unterworfen wird, die sich dann entweder schon klinisch oder, wenn in geringerem Maße vorhanden, elektrokardiographisch als Unregelmäßigkeiten der Herzschlagfolge offenbaren. Der Verschiedenheit dieser Einflüsse entsprechend unterscheidet man auch verschiedene Arten von Sinusarrhythmien; und ihre wissenschaftliche Einteilung ist — bedingt durch die Fortschritte unserer Kenntnisse hierüber — einem jeweiligen Wechsel unterworfen.

In der Humanmedizin wird den verschiedenen Formen der Sinusarrhythmie keine allzu große pathologische Bedeutung beigemessen, und man ist nach Dreßler (3), Lewis (11) und anderen klinisch an dieser Frage nur insoweit stärker interessiert, wenn die Arrhythmien

mit hochgradiger Bradykardie vergesellschaftet auftreten, sowie bei länger dauerndem Aussetzen der Sinustätigkeit, oder auch, wenn sie infolge ihrer ausgesprochenen Regellosigkeit differentialdiagnostisch Schwierigkeiten gegenüber dem prognostisch viel ungünstiger zu bewertenden Vorhofflimmern bereiten.

In der Veterinärmedizin hat Nörr, der Bahnbrecher der Elektrokardiographie in unserem Wissenschaftszweig, das Wesen der Sinusarrhythmie bei den einzelnen Tierarten näher studiert. In einer Arbeit (12), in welcher er die Herz- und Pulsarrhythmien des Pferdes einer genaueren Betrachtung unterzieht und unter anderem auch einige Fälle von mit Bradykardie und Tachykardie verbundener Sinusarrhythmie eingehender bespricht, schreibt er zusammenfassend über die Arrhythmien allgemein: „Die Stellung der Arrhythmien zu den Herzkrankheiten fällt mit der Frage zusammen, wie man sie klinisch beurteilt. Während ein Teil der Forscher mit Wenkebach an der Spitze die Arrhythmie als Störung für sich auffaßt, die den Kreislauf in Unordnung bringt, bedeutet nach der Mehrheit die Arrhythmie nichts anderes als ein harmloseres oder bedenklicheres Symptom irgend einer Herz- oder Kreislaufschädigung. Solange die letzten Ursachen der Arrhythmien im Dunkel liegen, wird die Frage schwer zu entscheiden sein, ob sie das primäre und die Kreislaufstörung das sekundäre Moment sind oder umgekehrt, oder kurz gesagt, ob sie idiopathischer oder symptomatischer Natur sind."

Als besondere Form von Sinusarrhythmie muß nun jene Unregelmäßigkeit der Herzschlagfolge angesehen werden, die als sogenannte respiratorische Sinusarrhythmie sowohl beim Menschen wie auch bei den Tieren in Erscheinung tritt und sich uns in der Art zu erkennen gibt, daß in unverkennbar gesetzmäßiger Weise die Schwankungen des Pulses mit jenen der Atmung parallel gehen und somit der Sinusrhythmus den Respirationsphasen unterworfen zu sein scheint. Klinisch manifestiert sich dieser Zusammenhang in einer Beschleunigung der Herzschlagfolge während des Inspiriums und in einer Verzögerung während des Exspiriums. Elektrokardiographisch dargestellt, gibt sich dieses Zusammenspiel von Herz und Lunge in analoger Weise zu erkennen, und zwar im Stadium der Exspiration in einer Verlängerung der aufgezeichneten Herzrevolutionen (namentlich des der Herzpause entsprechenden F—A [T—P] Intervalls) und während des Inspiriums in einer Verkürzung derselben. Die Tatsache, daß zuweilen das An- und Abschwellen der Sinusfrequenz nicht immer genau mit dem Beginn der In- und Exspiration zusammenfällt, soll vorläufig nur kurz vermerkt werden, zumal unter Berufung auf Wenkebach im Rahmen dieser Arbeit später noch eingehend darauf zurückgegriffen wird.

Dem heutigen Stand der Forschung gemäß, darf zusammenfassend über Entstehung und Ablauf des Herzrhythmus im allgemeinen und der respiratorischen Sinusarrhythmie im besonderen kurz vielleicht das Folgende festgehalten werden.

Ausgestattet mit den vier Grundeigenschaften der Kontraktilität, der Reizbarkeit, der Reizbildung und der Reizleitung vollzieht der Herzmuskel seine automatische Funktion. Bei den Warmblütern ist es nun der Sinusknoten — dem Sinus venosus der Amphibien entsprechend — von welchem die Anregung zu rhythmischer Herztätigkeit erfolgt.

Der Sinusknoten — ebenso wie das zum spezifischen Muskelsystem gehörige Reizleitungssystem — zeigt nun in seinem histologischen Aufbau eine derart innige Verflechtung von Muskel- und Nervengewebe, daß es, obwohl er als Ursprungsort der Anregung zu rhythmischer Herztätigkeit bekannt ist, schwer fällt zu entscheiden, welchem Teil des Herzens (nervösen oder muskulären Elementen) die zur Entfachung autonomer Herztätigkeit notwendige Erregung entspricht. Koller (9), offenbar selbst ein leidenschaftlicher Verfechter der myogenen Theorie, führte zur Begründung der vertretenen Anschauung an, daß Herzen von Wirbeltierembryonen schon rhythmisch schlagen, bevor ein Nervensystem ausgebildet ist. Erhärtet sieht er diese Meinung in einem Experiment, wonach man einer sehr zuverlässigen Methode zufolge Teile eines Amphibienkeimes isolieren und in einer Nährflüssigkeit sich weiter entwickeln lassen kann. Wird nun vor dem Auftreten des Nervengewebes die Herzanlage entnommen, so entwickeln sich Herzbläschen, die, ohne Nerven enthalten zu können, doch rhythmisch pulsieren, ja sogar die Erscheinung der Extrasystole zeigen können. Auch Wenkebach (21) bekennt sich als Anhänger der myogenen Theorie, wenn er unter Berufung auf Haberlandt ausführt, daß auch unter Verhältnissen wie Gifte und Kälte und auch mechanischen Einflüssen, welche jede Nerventätigkeit auszuschließen scheinen, ein Fortbestehen der Herztätigkeit festgestellt werden kann und man somit den Kontraktionsreiz höchstwahrscheinlich als Produkt der Herzmuskelzelle selbst aufzufassen habe. Demgegenüber wird von der neurogenen Theorie unter Hinweis auf das bei höheren Tieren herrschende Prinzip der Arbeitsteilung ins Treffen geführt, daß somit Reizerzeugung nur eine Funktion der nervösen Elemente darstellen könne und als Grundlage der Automatie des Herzens in erster Linie die Ganglienzellen desselben in Frage kämen. Diesen Widerstreit der Meinungen zusammenfassend, schreibt Nörr (16):

> „Aus den Lagern dieser beiden Parteien wurde mit einem Aufgebot großer Versuchsreihen viel Beweismaterial zur Stützung der eigenen und Widerlegung der gegnerischen Auffassung veröffentlicht, ohne daß es möglich ist, eine vollkommen befriedigende Lösung nach der einen oder anderen Seite hin zu finden, so daß es eine offene Frage ist, ob die Ganglienzellen des Herzens oder die spezifischen den embryonalen ähnlichen Muskelfasern des Reizleitungssystems als funktionell verschiedene Muskulatur Träger der automatischen Reizbildung des Herzens sind."

Von dem an der Einmündung der Vena cava cranialis in die rechte Kammer gelegenen Sinusknoten (auch Keith-Flakscher Knoten)

genannt) erfolgt die Weiterleitung der Erregung auf uns bisher unbekanntem Wege zunächst zum histologisch gleichartig gebauten, im Vorhofseptum gelegenen Aschoff-Tawaraschen oder Atrioventrikularknoten. Von dieser zweiten Station gelangen die Erregungsreize, von einer kurzen Pause unterbrochen, in die Kammer, und zwar auf dem Wege der Reizleitung zunächst in das sich an den Atrioventrikularknoten anschließende sogenannte His'sche Bündel, und von da, entlang der beiden Schenkel desselben (Crus dextrum et sinistrum) zu den unter dem Endokard liegenden netzartigen Endzweigen des Systems, den Purkinjeschen Fäden, um so zu den Papillarmuskeln und der Kammerwand gelangend, mit der Kontraktion des Herzmuskels ihre Funktion erfüllt zu haben.

Die Reizbarkeit des Sinusknotens ist nun ständig vorhanden und die daraus gebildeten Reize werden in ununterbrochener Reihenfolge auf dem Wege dieser Bahn dem Herzmuskel zugeführt, welcher im Stadium seiner Erschlaffung (Diastole) einen äußerst hohen Empfänglichkeitsgrad hierfür aufzuweisen scheint und sich daher kontrahierend eine Systole erzeugt, in diesem Stadium aber, gegen jederlei Reiz immun werdend, alsbald wieder erschlafft, um solcher Art diesen ständigen Wechsel von neuem zu beginnen.

Neben diesen, den Rhythmus bestimmenden sogenannten bathmotropen Reizen des Herzens gibt es auch noch Reize anderer Art, und zwar solche, welche die Frequenz (chronotrope Reize) die Kontraktilität (inotrope) und die Leistungsfähigkeit (dromotrope) beeinflussen. So spielen beispielsweise nach Haberlandt (6) die sogenannten „Herzhormone", die, aus der Kammerwand gewonnen, bei künstlicher Zufuhr eine Beschleunigung des normalen Herzens auslösen — also mithin positiv chronotroper Art sind —, eine mehr oder weniger bedeutende Rolle, obgleich sie mit der Herzreizbildung selbst keinerlei Beziehung zu haben scheinen.

Von wesentlicher Bedeutung für das Reizleitungssystem selbst sind nun zwei Nerven (Nervus vagus und Nervus accelerans), welche durch ihre Ganglienzellen mit dem Sinussystem verkoppelt, in ihrem Antagonismus gewissermaßen als Regulatoren der Reizleitung sich darstellen, auf die ihnen von den einzelnen Organen des Körpers vermittelten Einflüsse durch eine Änderung ihres Tonus reagieren, um dann ihrer Bestimmung gemäß, nach Art und Intensität der ihnen zugeführten Reize entweder beschleunigend (N. accelerans) oder hemmend (N. vagus) auf das Herz zu wirken, wobei dem N. vagus die größere Rolle zufällt.

Nachdem nun auch das Atmungssystem vom Vagus innerviert wird, war es naheliegend, daß man — abgesehen von der anatomischen Lage und dem physiologischen Zusammenspiel des Herzens und der Lunge an sich — schon frühzeitig im Vagus den Hauptfaktor für die Entstehung der respiratorischen Sinusarrhythmie erblickte und dessen funktionelle Bedeutung in diesem Zusammenhang mit den ver-

schiedensten Theorien und Experimenten zu klären versuchte, wovon nur einige erwähnt seien.

So erblickt Einbrodt (4) in einer, bei jeder tieferen Ausatmung ausgelösten venösen Stauung, welche einen erhöhten Hirndruck und damit eine zentrale Vagusreizung hervorrufen soll, die Ursache für die exspiratorische Verzögerung der Herzschlagfolge, während Burdon-Sanderson (2) diese zentrale Vagusreizung nicht mechanisch, sondern chemisch durch eine wechselnde Zusammensetzung des Blutes während der Ausatmung erklärt wissen wollen.

Hering (8) wieder bestreitet eine zentrale Vagusreizung überhaupt und sieht eine Beschleunigung der Herzschlagfolge nur durch eine unter Vermittlung der Nn. vagi zustandekommende reflektorische Wirkung von der Lunge aus, während der inspiratorischen Dehnung gegeben.

Dieser Deutung widerspricht Fredericq (5), der das ganze Phänomen der atmungsbedingten Sinusarrhythmie so erklärt wissen will, daß er als ihr auslösendes Moment eine rhythmische Erregungsänderung automatischer Natur im Herzführungszentrum, welches mit dem Atmungszentrum in Verbindung steht, annimmt.

Auch der Großhirnsphäre hat man eine Beeinflussung der respiratorischen Sinusarrhythmie zugesprochen und durch die Untersuchungen Wiersmas (22) ganz wesentliche Beweise hierfür erbracht.

Aus der Vielzahl der Erklärungen noch weiter herausstellend, soll auf Putzig (1) verwiesen werden, der schreibt: „Primär besteht eine autochtone periodische Tätigkeit des Zentrums, da auch ohne Atembewegungen beziehungsweise sogar gegen die Atmung beim curarisierten Hund periodische Schwankungen der Pulsfrequenz vorhanden sind. Diese primäre Automatie des Zentrums wird dann sekundär durch von der Peripherie ausgelöste Reflexe modifiziert, doch bleibt die Tätigkeit des Zentrums erhalten."

Schlomka und Reindell (17) wieder gelangen auf Grund eingehender Untersuchungen über die physiologische Unregelmäßigkeit des Herzschlages zur Ansicht, daß die Grundregulierung von Kreislauf und Atemtätigkeit nicht durch starre Verbindung der Zentren, sondern auf dem Wege peripherer Koppelungsreflexe erfolgt.

In neuerer Zeit haben Tiitso und Tootson-Dorpat (20) durch Versuche an Kaninchen und Katzen aufgezeigt, daß durch Vagotonie keine Veränderung der respiratorischen Schwankungen der Pulsfrequenz festgestellt werden konnte. Sie erblicken in diesem Befund eine Widerlegung der üblichen Theorien über das reflektorisch oder zentral bedingte Zustandekommen der respiratorischen Arrhythmie insoferne, als die erwähnten Theorien alle an die Unversehrtheit der Vagi gebunden sind.

Zahlreich sind die Theorien und Versuche, die uns das eigentliche Wesen der respiratorischen Sinusarrhythmie vermitteln sollen und es darf, um unfruchtbare, weil nur zeilenfüllende Wiederholungen zu ver-

meiden, auf eine Arbeit Langes (10) verwiesen werden, in welcher in geschichtlich geordneter und kurz gedrängter Folge das Wesentlichste an Schrifttum hierüber aufgezeichnet ist.

Eigene Versuche.

Nadelelektroden und Wahl der Ableitungsorte (Basispotential — regio praescapularis und Spitzenpotential — regio apicis) wie dieselben von Haupt (7) unter Nörrs Leitung als am zweckmäßigsten festgestellt und seither in der Münchener Tierklinik immer Anwendung finden, kamen selbstverständlich auch für meine Arbeiten ebenso in Frage, wie die hier gebräuchliche Apparatur (Elektrokardiograph nach Edelmann und ein Zeitschreibgerät mit einer Eichung auf $^1/_{50}$ Sekunde).

Für die Versuche wurde der Hundebestand der Klinik zur Verfügung gestellt, und zwar, von geringen Ausnahmen abgesehen, in der Folge, wie die Tiere eben eingeliefert wurden. Ausnahmen waren dann gegeben, wenn es sich um ausgesprochen schwerkranke Tiere oder um solche Patienten handelte, deren Transport von der Klinik zu dem über freies Gelände führenden Aufnahmeraum im Hinblick auf die Art der Erkrankung und das jeweils herrschende Wetter bedenklich schien. Diese regellose Auswahl war erwünscht und gerechtfertigt zugleich. Erwünscht, weil man dadurch den in der Praxis vorliegenden Gegebenheiten am nächsten kam, und gerechtfertigt, weil schon Nörr (14) gelegentlich seiner an im ganzen 1000 Hunden durchgeführten elektrokardiographischen Untersuchungen keine nennenswerten und wesentlichen Zusammenhänge der respiratorischen Sinusarrhythmie mit dem Geschlecht, dem Alter, der Herzfrequenz, der Körpertemperatur, der Rasse und den verschiedensten Krankheiten ermitteln konnte, sondern zu dem Ergebnis kommt, daß die Atmungsarrhythmie vielmehr als eine „Arteigentümlichkeit des Hundegeschlechtes" angesehen werden muß.

Die Schwierigkeiten, welche den einzelnen Aufnahmen durch die Unruhe der Tiere (Zittern, Erregung, Angstzustände usw.) oft entgegenstanden, waren nicht unwesentlich, zumal es für die Arbeit von entscheidender Bedeutung war, eine genaue Zählung der Atemfrequenz zu erzielen. Schienen daher in Bezug auf die erreichte Zählung auch nur die geringsten Zweifel gerechtfertigt, dann wurde entweder im unmittelbaren Anschluß daran eine zweite Aufnahme angefertigt oder dieselbe auf einen späteren Zeitpunkt zurückgestellt.

Wenn auch mit einer, im Zusammenhang damit erfolgten Zählung der Herz- und Atemfrequenz pro Minute eine gewisse Kontrolle gegeben schien, so bestand der eigentliche Wesenskern der Frage doch nur darin, eine absolut verläßliche Zählung während der Aufnahmezeit selbst zu erreichen, um solcherart dann aus den erhaltenen Kurvenbildern das Vorliegen einer atmungsbedingten Sinusarrhythmie von den Formen anderer Arrhythmien mit Sicherheit entscheiden zu können.

Es schien daher geboten, mir schon vor der Aufnahme nicht nur über die Frequenzhöhe, sondern auch Typus, Rhythmus und Qualität der Atmung Klarheit zu verschaffen und die so gemachten Beobachtungen dann während der eigentlichen Aufnahme einer besonderen Berücksichtigung zu unterziehen. Die diesbezüglich unmittelbar nach dem Versuch festgehaltenen Aufzeichnungen gaben sich denn auch in den erhaltenen Kurvenbildern oft recht klar zu erkennen; namentlich die klinisch öfter beobachteten Unregelmäßigkeiten in Bezug auf Rhythmus und Qualität fanden in den erhaltenen Ekg's ihren deutlichen Niederschlag. Dieses Vorgehen trug somit in ganz erheblichem Maße bei, eine ebenso leichte wie sichere Entscheidung bei der Auswertung der Kurven zu ermöglichen.

Eine weitere Erhöhung des Sicherheitsgrades meiner Versuche glaubte ich noch dadurch erreichen zu können, daß ich grundsätzlich bemüht war, mit der Zählung und dem Einschalten des Apparates genau mit dem Beginn der Ein- und Ausatmung einzusetzen und dieselben auch in derselben Weise zu beenden. In den Elektrokardiogrammen ergaben sich nun bei Vorliegen von respiratorischer Sinusarrhythmie folgende drei Möglichkeiten, und zwar:

1. Die weitaus meisten Kurvenbilder begannen nicht mit der in der Zählung mitinbegriffenen Ein- beziehungsweise Ausatmung, sondern wiesen noch Reste — zumeist eine Herzschlagfolge oder einen Teil davon — der vorhergehenden, nicht in der Zählung miteingeschlossenen In- beziehungsweise Exspirationsphase auf. Am Kurvenende fehlte dann das annähernd analoge Stück der noch gezählten Endphase.

2. Weniger häufig waren die Fälle, bei welchen im Gegensatz zu obigem Verhalten, den Ekg's ein oder zwei Herzschlagfolgen (beziehungsweise Teile davon) von der mit der Zählung begonnenen Respirationsphase fehlten. Das Kurvenende wies dann ein dieser Gegensätzlichkeit entsprechendes umgekehrtes Verhalten auf.

3. Nur in fünf Fällen traf es zu, daß sich Zählungsbeginn und -ende auch im Elektrokardiogramm mit den Atmungsphasen deckten.

Diese scheinbaren Gegensätzlichkeiten können nun vorerst einmal dadurch erklärt werden, daß man trotz peinlichster Aufmerksamkeit entweder zu früh oder zu spät einschaltet und so nicht den Zeitpunkt erreicht, welcher dem gezählten Phasenbeginn genau entsprechen würde. Die Möglichkeit 2 ist aus verspäteter Einschaltung zu erklären, ebenso auch ein Teil der unter Möglichkeit 3 angeführten Fälle. Das eigentliche Wesen dieser Erscheinung aber wird dadurch erhellt — es ist jetzt von Möglichkeit 1 die Rede —, wenn man die von Wenkebach (21) bei dem Elektrokardiogramm des Menschen, welches ja dem des Hundes ähnlich ist, gemachte Wahrnehmung zu Hilfe nimmt. In kritisch vergleichender Betrachtung gleichzeitig aufgenommener Herzstrom- und Atmungskurven schreibt er wörtlich:

> „Der unter den genannten Bedingungen registrierte Ruhepuls ist unregelmäßig, er zeigt mit der ruhigen, oberflächlichen, un-

bewußten Atmung auf- und abgehende Schwankungen der Schlagfrequenz, bei der Einatmung Beschleunigung, bei der Ausatmung und in der Atempause Verlangsamung. Der Übergang von Beschleunigung in Verlangsamung und umgekehrt trifft nicht immer genau mit dem Beginn der Ein- und Ausatmung zusammen; gewöhnlich fallen die kürzesten und längsten Pulsperioden auf den Höhepunkt der Ein- und Ausatmung oder sie hinken etwas nach. Doch bleibt bei allen diesen und ähnlichen Spielarten der resp. Arrh. der Grundtypus der Pulsveränderung erhalten."

Daß aber auch beim Elektrokardio- und Pneumogramm des Hundes die Verhältnisse ähnlich, ja eigentlich gleich liegen, entnehmen wir einer Arbeit Nörrs (15) über den Rotfuchs, in welcher er ein während seiner Gießener Zeit angefertigtes Pneumo-Elektrokardiogramm eines dreijährigen gesunden Hundes vergleichshalber im Bilde bringt, in welchem sich in der ersten Atmungsphase das Exspirium beider Kurvenbilder restlos deckte, während in der zweiten Phase eine deutliche Nachschwankung in der Weise in Erscheinung tritt, daß die letzte Herzschlagfolge der Einatmung genau mit dem Anfang der Exspirationskurve beginnt und somit der Beginn des Exspiriums im Ekg erst in die Mitte der Exspirationsphase des Pneumogramms fällt.

Mithin konnte es sich nur um scheinbare Gegensätzlichkeiten handeln. War Zählung und Schaltung gleichzeitig mit dem Atmungsbeginn erfolgt und lag bei den in Möglichkeit 1 angeführten Fällen tatsächlich eine Nachschwankung vor, so mußte dieselbe auch in der Herzstromkurve zum Vorschein kommen, ebenso wie sich ein Teil der Fälle in Möglichkeit 3 noch aus der Gegebenheit erklären läßt, daß Zählung, Schaltung und Phasenbeginn sich wohl deckten, aber keine Nachschwankung vorlag.

Demnach ergibt sich nun, daß es grundsätzlich möglich ist, aus dem Elektrokardiogramm allein die Atemfrequenz in der Minute zu bestimmen dann, wenn eine respiratorische Sinusarrhythmie als die natürliche Voraussetzung hierfür überhaupt gegeben ist. Der Versuch einer prozentmäßigen Erfassung dieser Möglichkeit ist dabei insoferne belanglos, als ein solcher Prozentsatz immer und ausschließlich an das Vorliegen einer respiratorischen Sinusarrhythmie gebunden sein wird; ist eine solche vorhanden, dann, und nur dann, wird es eben möglich sein, aus dem Ekg die Atemfrequenz zu erkennen.

Nachdem es gegeben schien, nach größter Möglichkeit auch die geringsten Arrhythmiegrade zu erfassen, war neben sorgsamster Beachtung aller technischen Einzelheiten eine ebensolche Genauigkeit bei der Auswertung der einzelnen Kurvenbilder erforderlich. Ideal und theoretisch wäre hierzu die Messung von einem Fußpunkt der A-Zacken zum andern die Grundforderung, weil dadurch der tatsächlich genaue Längenwert der gesamten Herzrevolution erfaßt werden kann. Praktisch wäre noch die Möglichkeit der Messung von der Spitze der A-Zacke, oder noch genauer, von der Spitze der J-Zacke gegeben. Eine Prüfung der drei Messungsmöglichkeiten schien geboten und es ergab sich dabei

in den meisten Fällen eine Übereinstimmung der von den drei Meßpunkten gewonnenen Längenwerte und nur selten eine Differenz im Messungsergebnis von der Spitze der J-Zacke gegenüber jener der A-Zacke. Häufiger hingegen war eine solche Differenz bei der Vergleichsmessung von J gegenüber jener vom Fußpunkt von A zu verzeichnen, und zwar in der Art, daß wohl nicht grundsätzlich, aber dennoch nicht allzuselten die Messung vom Fußpunkt von A eine, wenn auch nur geringere Länge bei einzelnen Exspirationsphasen aufwies, welche, wie Nörr (15) in seiner oben genannten Arbeit über das Ekg des Rotfuchses darlegt, durch einen flacheren Winkel des aufsteigenden Zackenschenkels zustande kommt und dadurch gegeben ist, daß der Längenwechsel der einzelnen Herzschlagfolgen nicht allein durch die wechselnde Länge der Herzpause, sondern auch durch einen Längenwechsel der Vorkammerschwankung bedingt ist. Nach meinem Kurvenmaterial liegen die Verhältnisse auch beim Ekg des Hundes gleichlaufend, allerdings kann von einer Gesetzmäßigkeit insoferne keine Rede sein, als diese Längendifferenz nicht bei allen Ausatmungsphasen eines Ekg in Erscheinung tritt, ja in manchen Kurvenbildern überhaupt fehlt; darüber hinaus gibt sie sich zudem noch fast ausschließlich nur dort zu erkennen, wo an sich schon eine deutliche, auf den ersten Blick sichtbare respiratorische Sinusarrhythmie vorliegt. Dazu kommt noch, daß die sich dabei ergebende äußerst geringe Differenz der beiden Messungsergebnisse (bei vorliegendem Kurvenmaterial betrug sie in ihrem maximalen Wert 0.03″) praktisch oft insoferne in Frage gestellt scheint, als es mitunter schwer fällt, bei der Fußpunktmessung von A die Ansatzstelle mit Sicherheit zu erfassen. Berücksichtigt man dann noch, daß bei der zahlenmäßigen Festlegung der Gesamtwerte eines Kurvenbildes die absolute Differenz beider Messungen im Höchstfalle nur die bei der ersten ausgewerteten Herzschlagfolge auftretende Messungsdifferenz betragen kann und eine solche nur dort auftritt, wo das Vorliegen einer respiratorischen Sinusarrhythmie ohnehin leicht erkennbar ist, dann bleibt eine Auswertung der Kurvenbilder von der geometrisch genau erfaßbaren J-Zackenspitze nicht nur gerechtfertigt, sondern wird im Interesse möglichst genauer Wertbestimmung das Gegebene sein.

Wenn zuweilen im Schrifttum Hinweise aufscheinen, wonach die Atmungsarrhythmie auch in einer periodisch wechselnden Höhe der J-Zacke ihren Ausdruck finden soll, so muß die Möglichkeit einer derartigen Auswertung, zumindest meinem Kurvenmaterial zufolge, entschieden in Abrede gestellt werden. Die vorliegenden Ergebnisse sind so mannigfaltig und widersprechend, daß sie, selbst in Form von Anhaltspunkten, für eine Auswertung nicht in Frage kamen. So ergab sich einmal bei Vorhandensein ausgeprägtester respiratorischer Sinusarrhythmie eine mathematisch nahezu gleiche Höhe der J-Zacken, sodaß die Verbindungslinie der Zackenspitzen eine Gerade aufwies, während in einem anderen Falle wieder diese Verbindung eine Wellenlinie darstellte, deren Wechsel zwischen auf- und absteigendem Schenkel

tatsächlich mit dem periodischen Längenwechsel der Herzschlagfolgen parallel lief. Eine weitere Ekg-Reihe wieder zeigte in jedem Falle ein anderes Verhalten im Wechsel der J-Zackenhöhe, angefangen von der der vorhandenen atmungsbedingten Sinusarrhythmie nahekommenden Periodizität bis zur ausgesprochenen Regellosigkeit. Auch eine bei den Atmungsarrhythmielosigkeit zeigenden Kurvenbildern vorgenommene, vergleichende Prüfung dieses Verhaltens zeigte ein ähnliches Ergebnis. In einem Falle von Arrhythmielosigkeit mit nahezu mathematischer Längengleichheit der einzelnen Herzschlagfolgen war das Verhalten der J-Zackenhöhe sogar dergestalt ausgeprägt, daß der periodische Wechsel derselben genau der gezählten Atemfrequenz entsprach, sodaß fast die Versuchung nahelag, aus diesem Verhalten eine — wenn der Ausdruck gestattet ist — „verdeckte Arrhythmie" herauszulesen. Grundsätzlich wird man somit die herrschende Regellosigkeit nicht verkennen dürfen und daran festhalten müssen, daß eine Berücksichtigung der wechselnden J-Zackenhöhe zur Entscheidung der Frage des Vorliegens einer respiratorischen Sinusarrhythmie wohl kaum in Frage kommen kann.

Versuchstiere mit erhöhter Atemfrequenz zeigten im Ekg fast immer, hechelnde Hunde aber ausnahmslos respiratorische Arrythmielosigkeit. Wirth (23) definiert das Hecheln mit folgenden Worten:

„. . . . . Die Atmung kann willkürlich und reflektorisch beeinflußt werden. Besonders bei Hunden finden wir, daß sie bei größter Aufregung, bei Angstzuständen, in großer Hitze usw. kurze Atemzüge in großer Schnelligkeit vollführen, sogenanntes Hecheln, was wir nicht als Atemnot bewerten dürfen."

Einmal bestrebt, das in Frage stehende Problem, zumindest orientierend auch in dieser Richtung zu untersuchen, war ich bemüht, auch Kurvenbilder von hechelnden Tieren zu gewinnen, bei welchen noch die unbedingt erforderliche, verläßliche Zählung der Atemfrequenz wie auch die genaue Beachtung aller übrigen technischen Voraussetzungen zu einer einwandfreien Aufnahme gewährleistet schienen. In Tabelle Nr. 1 und Nr. 2, Hund Nr, 5, 18, 30 und 37 sind die entsprechenden Werte festgehalten; auch hier war ausgesprochene atmungsbedingte Arrhythmielosigkeit zu verzeichnen.

Der Umstand nun, daß selbst hochgradig hechelnde Tiere durch plötzliche Veranlassung zur Aufmerksamkeit, oder noch besser durch Zuhalten des Ober- und Unterkiefers zumindest auf kurze Zeit zu normaler tiefer Atmung gezwungen werden können, legte den Gedanken nahe, diesen klinisch deutlich in Erscheinung tretenden Übergang zwischen willkürlichem und reflektorischem Atmen auch im Ekg, und zwar auf einem einzigen Filmstreifen, festzuhalten. Abbildung 3 a), b) und c) zeigt diesen Versuch, und zwar in Bild a) ausgeprägtes Hecheln, in Bild b) das Stadium, in welchem die Arrhythmielosigkeit bereits ins Schwanken gerät und den Übergang zu Bild c) darstellt, welches zwar noch nicht ganz die bei diesem Tier gewohnte und vollendete, immerhin aber schon

deutlich in Erscheinung tretende respiratorische Sinusarrhythmie erkennen läßt. Tabelle 3 B gibt zu diesem Versuch den ergänzenden zahlenmäßigen Aufschluß, ebenso wie in Tabelle 3 A ähnliche Ergebnisse bei demselben Versuchstier in gleicher Weise dargelegt sind. Das elektrokardiographische Bild ist dabei dem klinischen Befund entsprechend, insoferne auch bei letzterem oer Übergang von ausgesprochener respiratorischer Arrhythmielosigkeit zur Atmungsarrhythmie nicht plötzlich mit dem Einsetzen der auslösenden Ursache sondern allmählich erfolgt, was dadurch vielleicht erklärlich scheint, als sich Herz- und Lungentätigkeit diesem plötzlichen Wechsel selbst erst anpassen müssen und die Umstellung demnach auch erst im parallelem Zeitraum erfolgen und diagnostisch zum Ausdruck kommen kann.

Ergebnisse.

1. Beim Vorhandensein respiratorischer Sinusarrhythmie ist es möglich aus dem Elektrokardiogramm allein die Atemfrequenz genau zu bestimmen.
2. Maßgebend für die richtige Auswertung der Herzstromkurven ist einzig und allein die periodisch wechselnde Länge der einzelnen Herzschlagfolgen; eine Berücksichtigung der wechselnden Höhe der J-Zacke kommt hierbei nicht in Frage, da deren Wechsel oft ausgesprochene Regellosigkeit zeigt.
3. Bei hechelnden Hunden tritt weder klinisch noch elektrokardiographisch respiratorische Sinusarrhythmie in Erscheinung.
4. Wird das Hecheln künstlich oder vom Tier selbst unterbrochen, so geht die beim Hecheln vorhandene regelmäßige Herztätigkeit alsbald wieder in respiratorische Arrhythmie über.

Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. Nörr, Vorstand der Medizinischen Tierklinik, für die Überlassung des Themas und die immer bereitwillige Hilfe meinen verbindlichsten Dank abzustatten, ist mir nicht nur angenehme Pflicht, sondern zugleich aufrichtigstes Bedürfnis.

Tabelle Nr. 1

(Länge der einzelnen Herzschlagfolgen.)

Hund Nr.	Herzschlag-												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	77	66	110	102	97	72	64	68	120	110	68	62	109
2	65	56	70	85	74	57	51	82	76	62	—	—	—
3	48	50	54	60	47	56	58	47	60	55	49	60	60
4	52	52	60	79	52	50	70	59	50	56	86	48	50
5	36	36	38	36	38	40	40	40	42	43	44	42	41
6	84	66	106	120	92	93	79	70	63	58	55	68	132
7	65	64	58	64	71	64	62	62	68	62	61	69	64
8	56	58	54	53	53	53	58	63	64	67	65	57	55
9	64	74	63	60	56	56	64	72	82	74	62	57	53
10	56	52	49	52	47	47	52	48	51	51	48	—	—
11	57	59	56	52	54	57	53	56	58	58	54	54	51
12	45	45	43	43	45	45	42	45	45	42	44	44	43
13	72	46	56	62	72	57	49	52	62	50	49	—	—
14	41	41	41	39	39	39	41	38	44	44	44	42	42
15	69	64	80	102	96	71	58	68	84	81	—	—	—
16	74	70	64	60	62	66	76	62	62	63	72	82	64
17	60	55	73	58	66	62	62	59	67	60	57	61	62
18	62	58	62	69	71	71	72	71	71	—	—	—	—
19	80	74	70	70	73	67	77	74	67	74	74	76	79
20	86	120	94	74	64	56	60	68	73	115	104	74	65
21	76	93	50	49	98	86	66	50	52	66	68	70	56
22	56	52	50	56	54	54	52	50	49	53	48	46	46
23	80	63	50	48	50	80	54	50	48	53	85	60	52
24	66	70	90	65	72	92	72	94	84	68	92	78	—
25	63	77	59	54	49	55	64	72	81	57	52	48	52

folge Nr.

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
102	78	66	117	106	78	63	115	112	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51	61	57	53	52	60	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	38	37	37	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	62	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	50	55	58	62	67	62	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	63	84	70	62	58	49	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	63	59	52	50	50	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
43	43	45	45	42	44	46	43	43	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	39	39	42	42	45	40	40	42	39	40	41	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
73	66	72	68	77	79	73	67	67	73	76	80	78	70	65	66	71
56	60	70	76	122	86	73	64	58	66	—	—	—	—	—	—	—
50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	52	56	52	52	56	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	64	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Hund Nr.	Herzschlag-												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26	54	54	53	56	54	54	54	52	54	59	54	54	57
27	48	44	44	41	42	56	46	43	43	44	44	46	48
28	49	45	45	42	48	64	70	70	62	58	54	46	50
29	72	102	67	90	88	76	112	—	—	—	—	—	—
30	54	49	47	50	40	51	49	49	49	54	49	58	51
31	52	54	50	48	50	50	50	53	53	54	54	48	56
32	66	64	66	70	75	72	66	68	66	68	67	66	69
33	36	36	33	33	33	33	34	34	32	33	36	35	36
34	56	48	47	56	78	70	64	58	64	69	68	58	54
35	46	44	46	46	44	46	46	44	44	44	45	43	42
36	50	50	56	64	81	89	52	47	50	59	88	76	54
37	42	40	40	43	43	40	40	42	42	40	41	42	—
38	56	52	44	40	49	62	44	43	50	51	66	44	46
39	42	37	35	37	36	48	59	59	61	46	38	37	38
40	55	60	63	62	60	60	60	58	55	57	57	55	60
41	44	46	48	46	44	46	46	46	46	45	44	44	45
42	62	54	52	58	88	82	107	82	66	54	54	74	90
43	63	66	62	66	62	74	66	68	65	64	61	64	—
44	92	74	62	76	86	64	70	74	74	69	66	—	—
45	60	61	60	60	63	64	59	62	60	56	59	58	54
46	54	52	53	57	51	50	56	54	54	52	52	51	56
47	48	52	50	50	50	50	50	50	50	50	48	49	50
48	53	50	48	49	48	45	48	48	47	48	50	52	53
49	58	58	56	56	56	54	59	60	60	65	56	56	56
50	48	54	78	52	70	126	—	—	—	—	—	—	—

folge Nr.

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
57	56	54	52	58	57	51	56	54	56	58	55	—	—	—	—	—
46	42	44	48	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	60	72	80	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	56	54	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	35	36	34	34	34	36	34	32	32	34	34	32	32	30	29	—
48	58	70	68	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
45	46	44	45	45	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	57	65	74	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
44	44	45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	58	40	41	43	58	65	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46	44	44	46	48	46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	94	72	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	52	55	55	55	55	54	50	54	—	—	—	—	—	—	—	—
49	48	50	51	50	48	50	50	48	49	50	49	49	—	—	—	—
56	52	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	56	63	58	57	56	52	52	54	58	59	61	58	56	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle Nr. 2

(Auswertung der einzelnen Kurvenbilder.)

Hund Nr.	Pulsfrequenz in der Minute	Atem-frequenz in der Minute	Anzahl der ausgewerteten Respirationsphasen	Anzahl der ausgewerteten Herzschlagfolgen	Kürzeste Herzschlagperiode in 1/100 Sek.	Längste Herzschlagperiode in 1/100 Sek.
1	67·7	15·4	5	22	62	120
2	89·5	18	2	10	51	85
3	113·1	33·9	6	20	47	61
4	100	26·6	4	15	48	90
5	156·5	52·3	6	18	38	44
6	69·7	9·3	2	15	55	132
7	95·7	25·6	4	15	59	71
8	105·2	10·5	2	20	50	67
9	96·1	13·8	3	21	49	84
10	120	43·6	4	11	47	56
11	112·1	16·8	3	20	50	63
12	138·9	37·9	6	22	42	46
13	104·7	28·6	3	11	46	72
14	150	24	4	25	38	45
15	77·9	15·6	2	10	58	102
16	90	18	3	15	60	82
17	92·5	28·3	4	13	55	73
18	90	100	10	9	58	72
19	84·5	14·1	5	30	65	80
20	77·5	10·1	3	23	56	122
21	90·3	19·2	3	14	49	98
22	135·3	28·4	4	19	46	56
23	103·4	20·6	3	15	48	85
24	75·7	25·3	4	12	65	94
25	101·2	14·4	2	14	48	81

Differenz aus kürzester und längster Herzschlagperiode	Verhältnis zwischen kürzester und längster Herzschlagperiode	Durchschnittsdauer einer Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Dauer der kürzesten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Dauer der längsten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Respiratorische Sinusarrhythmie = + Hecheln = H
58	1 : 1·9	90·5	68·2	131·9	+
34	1 : 2·5	67·8	76·5	125	+
14	1 : 1·2	54·7	85·5	110·9	+
42	1 : 1·9	60·9	78·7	147·5	+
8	1 : 1·2	39·1	92·7	112·8	H
77	1 : 2·4	85·6	63·9	153·5	+
12	1 : 1·2	63·6	92·2	110·9	+
17	1 : 1·3	58·1	86·2	115·5	+
35	1 : 1·7	63·3	77·7	130·2	+
9	1 : 1·2	50·3	94	112	+
13	1 : 1·3	54·9	90·9	114·5	+
4	1 : 1·1	43·8	95·4	104·5	+
26	1 : 1·5	57	80·7	126·3	+
7	1 : 1·2	40·9	92·7	112·2	
44	1 : 1·7	77·3	75·3	132·5	+
22	1 : 1·3	66·4	90·9	124·3	+
18	1 : 1·3	61·7	90·9	110·6	+
14	1 : 1·3	67·4	86·6	107·4	H
15	1 : 1·2	69·2	94·2	115·9	+
66	1 : 2·2	77·8	71·8	157·7	+
49	1 : 2	66·4	74·3	148·5	+
10	1 : 1·2	51·8	88·5	107·7	+
37	1 : 1·8	59·1	81·4	144	+
29	1 : 1·4	78·6	82·3	119	+
33	1 : 1·7	60·1	80	135	+

Hund Nr.	Pulsfrequenz in der Minute	Atemfrequenz in der Minute	Anzahl der ausgewerteten Respirationsphasen	Anzahl der ausgewerteten Herzschlagfolgen	Kürzeste Herzschlagperiode in 1/100 Sek.	Längste Herzschlagperiode in 1/100 Sek.
26	110·3	26·4	6	25	51	59
27	131·7	22	3	18	41	60
28	103·8	11·9	2	18	42	80
29	70	30	3	7	67	112
30	118	59	8	16	40	58
31	118·9	45·7	5	13	48	56
32	87·4	33·4	5	13	64	75
33	179·4	37	6	29	29	36
34	100	17·6	3	17	47	78
35	134·1	42·3	6	19	42	46
36	97·3	16·2	3	18	47	89
37	146·9	85·6	7	12	40	43
38	122·3	22·9	3	16	40	66
39	123·5	17·6	3	21	35	70
40	103·7	29·7	4	14	55	63
41	134·1	35·3	5	19	44	48
42	80	10	2	16	52	107
43	93·5	39·2	5	12	61	74
44	82·5	22·6	3	11	62	92
45	100	30·8	4	13	54	64
46	128·8	25·6	5	22	50	57
47	124·8	24	5	26	48	52
48	121·6	32·5	4	15	45	56
49	105·9	15·7	4	27	52	65
50	83·7	14·7	1	6	48	126

Differenz aus kürzester und längster Herzschlagperiode	Verhältnis zwischen kürzester und längster Herzschlagperiode	Durchschnittsdauer einer Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Dauer der kürzesten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Dauer der längsten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Respiratorische Sinusarrhythmie = + Hecheln = H
8	1 : 1·2	54·9	91·1	107·3	
19	1 : 1·5	46	89·1	130·4	+
38	1 : 1·9	58	72·6	137·6	+
45	1 : 1·7	86·7	77	128·7	+
18	1 : 1·4	52·1	69·2	111·5	H
8	1 : 1·2	51·7	92·3	107·7	
11	1 : 1·2	68	94·1	110·3	
7	1 : 1·3	33·7	85·3	105·8	
31	1 : 1·7	60·8	77	127·9	+
4	1 : 1·1	44·8	93·3	102·2	
42	1 : 1·9	62·8	74·6	141·3	+
3	1 : 1	41·3	97·6	104·9	H
26	1 : 1·6	48·7	81·6	134·7	+
35	1 : 2	47·7	72·9	145·8	+
8	1 : 1·1	58·9	93·4	106·8	
4	1 : 1	45·5	97·7	106·6	
55	1 : 2	74·3	70·3	144·6	+
13	1 : 1·2	65	92·3	113·8	
30	1 : 1·5	73·4	84·9	126	+
10	1 : 1·2	59·5	90	106·6	
7	1 : 1·1	53·5	92	105·5	
4	1 : 1·1	49·5	96	104	
11	1 : 1·2	49.8	90	112	
13	1 : 1·3	57·3	91·2	114	
78	1 : 2·6	71·3	67·6	177·5	+

Tabelle Nr. 3 A

(Übergang von leichtgradigerem Hecheln
zu normaler tiefer Atmung.)

Herzschlagfolge	
Nr.	Länge
1	44
2	41
3	40
4	41
5	44
6	42
7	42
8	42
9	42
10	41
11	40
12	45
13	44
14	43
15	45
16	46
17	46

Herzschlagfolge	
Nr.	Länge
18	45
19	48
20	50
21	52
22	54
23	56
24	54
25	53
26	61
27	53
28	56
29	58
30	57
31	70
32	57
33	50
34	48

a) Ausgewertete Herzschlagfolgen Nr. 1—10

Kürzeste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Längste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Differenz aus kürzester und längster Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Verhältnis zwischen kürzester und längster Herzschlagperiode	Durchschnittsdauer einer Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Dauer der kürzesten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Dauer der längsten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer
40	44	4	1 : 1·1	41·9	90	104·8

b) Ausgewertete Herzschlagfolgen Nr. 15—22

Kürzeste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Längste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Differenz aus kürzester und längster Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Verhältnis zwischen kürzester und längster Herzschlagperiode	Durchschnittsdauer einer Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Dauer der kürzesten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Dauer der längsten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer
45	54	9	1 : 1·2	48·2	92·7	112·5

c) Ausgewertete Herzschlagfolgen Nr. 25—34

Kürzeste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Längste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Differenz aus kürzester und längster Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Verhältnis zwischen kürzester und längster Herzschlagperiode	Durchschnittsdauer einer Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Dauer der kürzesten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Dauer der längsten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer
53	70	17	1 : 1·3	56·3	94·6	125

Tabelle Nr. 3 B

(Übergang von stärkerem Hecheln
zu normaler tiefer Atmung.)

Herzschlagfolge	
Nr.	Länge
1	41
2	42
3	41
4	40
5	42
6	40
7	40
8	40
9	39
10	38
11	41
12	42
13	40
14	42
15	42
16	40
17	38
18	40
19	38
20	37
21	36

Herzschlagfolge	
Nr.	Länge
22	34
23	37
24	38
25	36
26	34
27	36
28	42
29	41
30	38
31	36
32	36
33	38
34	36
35	36
36	36
37	36
38	35
39	36
40	35
41	38
42	38

Herzschlagfolge	
Nr.	Länge
43	38
44	40
45	43
46	46
47	44
48	44
49	46
50	45
51	46
52	50
53	52
54	55
55	55
56	57
57	57
58	53
59	65
60	52
61	48
62	64

a) Ausgewertete Herzschlagfolgen Nr. 1—8

Kürzeste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Längste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Differenz aus kürzester und längster Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Verhältnis zwischen kürzester und längster Herzschlagperiode	Durchschnittsdauer einer Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Dauer der kürzesten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Dauer der längsten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer
40	42	2	1 : 1	40·7	97·6	102·4

b) Ausgewertete Herzschlagfolgen Nr. 44—51

Kürzeste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Längste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Differenz aus kürzester und längster Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Verhältnis zwischen kürzester und längster Herzschlagperiode	Durchschnittsdauer einer Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Dauer der kürzesten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Dauer der längsten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer
40	46	6	1 : 1·2	44·3	90·9	104·5

c) Ausgewertete Herzschlagfolgen Nr. 55—62

Kürzeste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Längste Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Differenz aus kürzester und längster Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Verhältnis zwischen kürzester und längster Herzschlagperiode	Durchschnittsdauer einer Herzschlagperiode in $^1/_{100}$ Sek.	Dauer der kürzesten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer	Dauer der längsten Herzschlagperiode bezogen auf die durchschnittliche Periodendauer
52	68	16	1 : 1·3	58·9	86·6	113·3

Tabelle Nr. 4

(Nummer, Alter, Rasse und Krankheit
der untersuchten Tiere.)

Hund Nr.	Alter in Jahren	Rasse	Krankheit
1	4	Schnauzer-Bastard	—
2	$1^1/_2$	Airedale-Terrier	Ekzema madidans
3	4	Scotsch-Terrier	Ekzema crustos.
4	4	Sealyham-Terrier	Ekzema chron.
5	$8^1/_2$	Terrier-Bastard	Alopecia
6	$2^1/_2$	Pointner Jagdhund kzh.	Staupe-Pneunomie
7	$1^1/_2$	Kuvasz	Ekzem
8	$^3/_4$	Schnauzer-Bastard	—
9	$^3/_4$	Ungarischer Puli	Acanthosis nigricans
10	$1^1/_2$	Kuvasz	Krustöse Ekzemstellen am Rücken
11	7	Kurzhaardachshund	Staupe-Pneunomie
12	4	Terrier-Bastard	Leukämie
13	$1^1/_2$	Langhaardachshund	Pneunomie
14	$^3/_4$	Langhaardachshund	Furunkulose
15	$3^1/_2$	Deutscher Schäferhund	—
16	$^3/_4$	Deutscher Schäferhund	Starke nervöse Erscheinungen
17	4	Schnauzer	Ekzema crustos.
18	$1^1/_4$	Kuvasz	Ekzema crustos.
19	$3^1/_2$	Rottweiler	Nephritis
20	1	Dogge	Enteritis
21	1	Schnauzer-Bastard	Ekzema crustos.
22	9	Pinscher	Taeniasis
23	2	Foxterrier	Ekzema crustos.
24	$^3/_4$	Deutscher Schäferhund	Ekzema madidans
25	$1^1/_2$	Deutscher Schäferhund	Ekzema crustos.

Hund Nr.	Alter in Jahren	Rasse	Krankheit
26	3	Bernhardiner	Pneunomie
27	4	Spitz	Stomatitis
28	4	Wachtelhund	Broncho-Pneunomie
29	1	Deutscher Schäferhund	Staupe-Pneunomie
30	6	Foxterrier	—
31	5—6	Deutscher Schäferhund	Bronchitis, Hodensackekzem
32	6	Deutscher Schäferhund	Broncho-Pneunomie
33	4½	Langhaardachshund	Taeniasis
34	2½	Deutscher Boxer	Ekzem am Hals
35	2	Französischer Bulli	Nephritis acuta
36	2	Foxterrier	—
37	5—6	Bernhardiner	Conjunctivitis, Enteritis
38	¾	Foxterrier	Demodicosis
39	3	Schnauzer-Bastard	—
40	7	Airedale-Terrier	Gastroenteritis catarrh.
41	¼	Dachshund	Tonsillitis
42	3	Kurzhaariger Jagdhund	Taeniasis
43	¾	Airedale-Terrier	Staupe
44	6	Deutscher Schäferhund	Pneunomie
45	6	Deutscher Schäferhund	Pneunomie
46	½	Foxterrier	Ascaridiasis
47	10	Deutscher Schäferhund	Nephritis, Metritis
48	4	Deutscher Schäferhund	Pneunomie
49	5	Deutscher Boxer	Gastritis
50	7	Deutscher Schäferhund	Nephritis

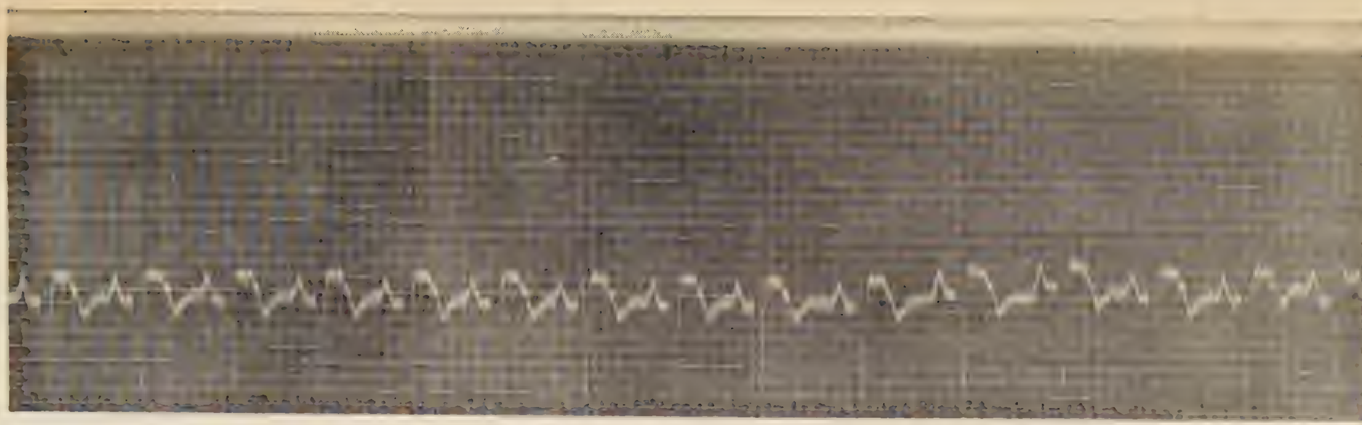


Abb. 1. Keine Atmungsarrhythmie.



Abb. 2. Ausgeprägte Atmungsarrhythmie.

Abb. 3. Herzstromkurve während und bei Unterbrechung des Hechelns.



Abb. a



Abb. b



Schrifttum.

1. Blumenfeld u. Putzig:
Experimentelle elektrokardiographische Studien über die Wirkung der Respiration auf die Herztätigkeit. Bonn 1914 (Verlag von Martin Hager).

2. Burdon-Sanderson:
Brit. med. journ. (1867).

3. Dreßler W.:
Klinische Elektrokardiographie, 2. Aufl. (Urban u. Schwarzenberg 1932.)

4. Einbrodt.
Über den Einfluß der Atembewegung auf Herzschlag und Blutdruck.
(Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien 1860.)

5. Fredericq:
De l'influence de la respiration sur la circulation.
(Arch. de Biol. Bd. 3/1882.)

6. Haberlandt L.:
Das Herzhormon. (Jena, 1930.)

7. Haupt:
Die Aufnahmetechnik d. Hunde-Ekg in der Veterinär-Medizin und ihre Ergebnisse. (Diss., Gießen 1929.)

8. Hering:
Über den Einfluß der Atmung auf den Kreislauf.
(Sitzungsber. d. K. u. K. Akad. d. Wissen,. Wien 1871.)

9. Koller Gottfried:
Einführung in die Physiologie der Tiere und des Menschen.
(Georg Thieme, Verlag, Leipzig 1934.)

10. Kühne:
Die respiratorische Arrhythmie bei Herzerkrankungen im Kindesalter.
M. M. W. 1936, H. 31.

11. Lange:
Über den Eintritt der Atmungsarrhythmie in der ersten Lebenszeit des Hundes.
(Diss., München 1937.)

12. Lewis, Thomas:
Herzkrankheiten. Berlin 1935 (Verlag von Julius Springer).

13. Nörr:
100 klinische Fälle von Herz- und Pulsarrhythmien beim Pferde.
Monatshefte für prakt. Tierheilkunde. XXXIV. Bd., S. 177.

14. Nörr:
Über Atmungsarrhythmie bei Caniden.
(Dtsch. Ges. f. Kreislaufforschg. VIII Tagg. 1935.)

15. Nörr:
Starke atmungsbedingte Herzarrhythmie beim wildlebenden Rotfuchs.
Ztsch. f. Biologie 97/H. 2/1936.)

16. Nörr:
Der Blutkreislauf.
(Ellenberger und Scheunert, Vergl. Physiologie der Haussäugetiere.
Verl. Paul Parey 1925.)

17. Schlomka u. Reindell:
Untersuchungen über die physiologische Unregelmäßigkeit des Herzschlages.
Ztschr. f. Krlff. 1936, H. 13.

18. Schlomka u. Lienken:
Beziehungen zwischen respiratorischer Arrhythmie und respiratorische Änderungen des Ekg-Typs. Ztschr. f. Krlff. 1937, H. 6.

19. Schlomka:
Über die zeitliche Gestaltung der Herztätigkeit des Gesunden.
M. M. W. 1936, H. 41.

20. Tiitso u. Tootson-Dorpat:
Über die Ursache der respiratorischen Arrhythmie.
Ztschr. f. Krlff. 1938, H. 12.

21. Wenkebach u. Winterberg:
Die unregelmäßige Herztätigkeit. (1927, Verlag Engelmann, Leipzig.)

22. Wiersma:
Der Einfluß von Bewußtseinszuständen auf den Puls und auf die Atmung.
(Ztschr. f. Neurologie 19/1913.)

23. Wirth D.:
Einführung in die klinische Diagnostik der inneren Erkrankungen und Hautkrankheiten der Haustiere. (Verlag Urban u. Schwarzenberg 1934.)

24. Ziegler:
Die respiratorische Arrhythmie im Alter. Ztschr. f. Krlff. 1934, H. 1.

Lebenslauf.

Am 23. Juli 1900 wurde ich als Sohn des Fleischhauermeisters Franz Bauer und seiner Ehefrau Josefine, geb. Außermayr, in Waidhofen a. d. Thaya (Niederdonau) geboren. Daselbst besuchte ich auch die Volksschule und die N.-Ö. Landes-Oberrealschule und erhielt am 12. März 1918 das Reifezeugnis. Im Anschluß daran rückte ich als Freiwilliger zum Art.-Reg. 113 nach Kaiserebersdorf ein. Im April 1919 inskribierte ich an der tierärztlichen Hochschule in Wien und legte nach einer im Jahre 1920 erfolgten Studienunterbrechung im Mai 1923 die 1. Staatsprüfung ab. 1924 neuerlich, und diesmal zu einer über sieben Jahre währenden Unterbrechung meiner Studien gezwungen, erhielt ich nach Ablegung der 2. und 3. Staatsprüfung am 8. Juli 1933 die Bestallungsurkunde. Von einer im unmittelbaren Anschluß darauf folgenden und nur wenige Wochen währenden Vertretung eines beurlaubten Kollegen abgesehen, war mir in der weiteren Folge durch die damals herrschende Systemregierung und meine zu dieser im Gegensatz stehende politische Einstellung und der dadurch bedingten Folgerungen (Gefängnis, Konzentrationslager, Polizeiaufsicht und „politische Unzuverlässigkeit") jedwede berufliche Betätigung auf Jahre hinaus unmöglich, sodaß ich mich Ende April 1936 gezwungen sah ins „Altreich" auszuwandern. Seit dieser Zeit als Assistent bei Württembergischen Oberamts- und Stadttierärzten tätig, erfolgte mit einem Erlaß des Württembergischen Innenministeriums vom 17. 6. 1938 meine Einstellung als Hilfstierarzt zur Bekämpfung der Maul- und Klauenseuche, in welcher Eigenschaft ich dem Oberamtstierarzt in Biberach zugeteilt war. Seit 6. Jänner 1939, auf Grund eines neuerlichen Erlasses, meiner Verpflichtung enthoben, arbeitete ich in der Folgezeit an meiner Promotionsarbeit um anschließend daran einem Rufe des Gauleiters von Oberdonau folgend, nunmehr im Landesveterinäramt meine Berufspflicht zu erfüllen.